

УДК 502.36

Перспективы рационального использования природной воды

Канд. техн. наук **Евдокимов А.А.** evdokimov@bk.ru,

канд. техн. наук **Кисс В.В.** vvkiss@rambler.ru,

Каржаубаев А.А. 24785826@mail.ru, **Шапошникова М.М.**

Университет ИТМО

191002, Санкт-Петербург, ул. Ломоносова, 9

Основная причина загрязнения Российских рек – нерациональное использование природной воды, как моющего агента. Централизованные системы подготовки технической воды для этих целей на различных объектах с последующим её возвратом для нераздельной переработки морально устарели. В качестве моющего агента предлагается использовать циркулирующие в замкнутых системах рабочие тела специально подобранныго состава для каждого промышленного объекта. При этом следует ориентироваться на гетерогенные системы, образованные компонентами с ограниченной взаимной растворимостью, и учитывать их особенности при обработке в узких каналах и при фазовых переходах. Даны примеры удачного выбора компонентов рабочих тел.

Ключевые слова: загрязнение природной воды, локальная очистка, «рабочее тело», моющий агент, гетерогенные системы, фазовые переходы, эмульсии.

Perspectives of natural water rational using

Ph.D. **Evdokimov A.A.** evdokimov@bk.ru,

Ph.D. **Kiss V.V.** vvkiss@rambler.ru,

Karjaubaev A.A. 24785826@mail.ru, **Shaposhnikova M.M.**

ITMO University

191002, Russia, St. Petersburg, Lomonosov str., 9

The basic reason of Russian rivers pollution is irrational using of natural water as washing agent. The centralized systems of the “technical” water preparation for different objects and return it after using to simultaneously cleaning are morally old-fashioned. As a washing agent are proposed to use the cycling into closed systems “working bodies.” The “working body” has to be special compose for each technological system. They are recommend to use the formed with components little inter solvability and to take into attention their facilities at the move through narrow canals and also at the phasic conversion. There are some examples of “working bodies” good choice.

Keywords: natural water pollution, local cleaning, washing agent, “working body”, heterogeneous systems, phasic conversion, emulsion.

Роль воды для нашей планеты переоценить невозможно. Вода – это основа жизни, без неё невозможны процессы дыхания и питания живых организмов. Она участвует в процессах создания и переработки пищевых продуктов, определяет климатические условия и (вместе с атмосферой) образует природную среду, пригодную для жизнедеятельности всего многообразия представителей флоры и фауны. Результаты последних исследований доказывают, что вода способна сохранять информацию, по крайней мере, об изменениях её состава и структуры. Вода сегодня – это средство транспорта, очистки, теплообмена, а также механической очистки и отмывки оборудования и конструкций.

Природную воду используют для приготовления пищи, откорма скота, полива овощей и фруктов. Но её используют также для умывальников, душевых, ванн, прачечных и туалетов. После такого использования вода загрязняется, и перед возвратом в природную среду её необходимо очищать. Для небольших хозяйств бывает достаточно организовать сброс таких стоков в грунт (поля орошения и фильтрации), или в *искусственный* водоём, где, благодаря жизнедеятельности аэробных бактерий, происходит минерализация органических загрязнений. Очищенная с участием бактерий вода фильтруется через грунт и возвращается в природный водоём, не нанося ущерба его обитателям.

В промышленности используют как энергию водных потоков (морские приливы и отливы, речные и морские течения), так и физико-химические и термодинамические свойства воды, выступающей в роли средств очистки и/или промежуточного тепло- или хладагента. Попытки промышленного использования природной воды, как средства очистки, без учёта антропогенного воздействия отмытых загрязнений, дают пока неутешительные результаты.

Ещё в мифах Эллады повествуется о том, как быстро Гераклу удалось очистить Авгиевы конюшни водами рек Алфея и Пенея. Этот поступок воспринят его современниками, как героический подвиг. Ни Геракл, ни Авгий, ни боги не задумались тогда, к каким последствиям для биоценоза приведут подобные «подвиги» в наше время: погибающий Арал, «цветущее» Цимлянское море, загрязнение воды в Байкале.

По данным Роскомгидромета [1] в 1993 г. содержание нефтепродуктов в водах большинства рек северо-западного региона России превышало предельно-допустимые значения в 2-3 раза, включая Неву, Карповку, Свирь, Вуоксу, Обводный канал, Чёрную речку. Ещё больше (в 4-6 раз) – в реках Сясь, Воложба, Плюсса, Волчья, Каменка, Охта. И даже в 8-10 раз – в реках Волхов, Пярдомля и Луга.

За последующие 10 лет, несмотря на резкое снижение промышленного производства, (по результатам Госмониторинга состояния недр по Северо-Западному Федеральному округу) природные водоёмы региона продолжают загрязняться.

«На 01.01.2011 г. в пределах Санкт-Петербурга зафиксировано 45 очагов техногенного загрязнения, из них один очаг чрезвычайно опасный. В основном распространены высокоопасные и опасные очаги. Их на территории Санкт-Петербурга: 21 - высокоопасный (44,7% от общего числа очагов техногенного загрязнения) и 13 - опасных (27,7%). Умеренно опасных очагов загрязнения 8, без класса опасности - 4 техногенных очагов (17% и 8,5% соответственно). ...

Как и в предшествующие годы, практически для всех отобранных проб грунтовых вод отмечается несоответствие их органолептических свойств (цветность, мутность) требованиям СанПиН 2.1.4.1074-01. Цвет воды, как правило, светло-желтый или коричневатый, часто наблюдается выпадение осадка (гидроокиси железа, взвешенные частицы). ... Зафиксировано превышение ПДК в грунтовых водах по алюминию в 1,8 раза, по нефтепродуктам в 22 раза. ... Качество воды в водоёмах СПб падает, несмотря даже на введение новых очистных сооружений и канализационных коллекторов. ... Самыми «грязными» официально признаны Славянка, Охта, Ижора и Карповка. ... Качество воды в Неве становится с каждым годом всё хуже. Несмотря на запрет, в реку продолжают сливать промышленные отходы. ... После изучения проб воды (в апреле 2010 г.) экологи пришли к выводу, что концентрация нефтепродуктов в 268 раз превышает предельно допустимую норму для рыбохозяйственных рек».

По официальным данным содержание нефтепродуктов в водах Невы поддерживается на уровне 0,05 мг/л. Нетрудно подсчитать, что даже в этом случае каждый день в Финский залив только с водами Невы поступает около **20 т нефтепродуктов!** Разве это не «Авгиевы конюшни»? И как результат – питьевую воду мы вынуждены покупать в магазине, поскольку качество водопроводной воды нас не устраивает. Вывод очевиден: природную воду использовать в промышленности, как моющее средство, недопустимо!

Чтобы исключить антропогенное воздействие от нерационального использования воды, в 20 веке был продекларирован курс на создание **систем оборотного водоснабжения**, полностью исключающих сброс отработанных вод в природные водоёмы. Такие системы уже нашли применение при использовании воды, как хладагента и промежуточного теплоносителя.

*Следует заметить, что циркулирующий в замкнутой системе хладагент – это уже не чистая природная вода, а специальное «рабочее тело» – **рассол**. Основой «рабочего тела» является вода, но для его бесперебойного использования в неё добавлены компоненты, стабилизирующие состав и препятствующие отложению минеральных и*

органических отложений на теплообменных поверхностях при низких температурах (спирты, соли).

Аналогично решён вопрос использования воды, как теплоносителя. В современных системах горячего водоснабжения и отопления жилых зданий используются «рабочее тело» на основе воды после тщательной её деаэрации и добавления умягчителей и антикоагулянтов. Чтобы получать водяной пар и возвращать паровой конденсат для повторного использования, в качестве «рабочего тела» на современных ТЭЦ и котельных также используют очищенную и умягчённую воду.

Системы оборотного водоснабжения не могут работать без подпитки, вызванной потерями рабочего тела при его испарении, хранении и транспортировке. Но расход природной воды на подпитку рабочих тел в тысячи раз меньше, чем при её использовании в той же роли.

Использование рабочих тел для отмывки оборудования с полным их возвратом в рецикл представляет собой намного более сложную задачу, чем в рассмотренных выше случаях. Основная причина в том, что в процессе использования изменяются и состав рабочего тела и его свойства. Чтобы сохранить при этих обстоятельствах моющую способность рабочего тела и суметь освободить его от захваченных загрязнений, необходимо **найти в каждом конкретном случае непростое и оригинальное решение.**

Один из примеров удачного решения – технология очистки танкеров от осадка, образующегося при транспортировке в них сырой нефти. В качестве рабочего тела на танкерном флоте используют ту самую сырую нефть, из которой выпал отмываемый осадок.

Внутреннюю поверхность наливных и транспортных цистерн от молочного жира эффективнее всего отмывать молоком, транспортируемым в этих цистернах. Сама природа подсказывает нам экологически безопасные и простые решения: самоочистка воды от солей в заливе Кара-Богаз-Гол.

Новые технологии использования рабочих тел для зачистки оборудования должны учитывать физико-химические свойства исследуемых сложных систем: взаимной растворимости их компонентов, условий фазовых переходов, динамики процессов перемешивания, разделения и теплопередачи. Немалую роль в выборе технологии играют энергозатраты, интенсивность обработки и сложность аппаратурного оформления. Современная наука располагает практически неограниченными возможностями принципиально решить любую задачу, связанную с разделением смесей и очисткой любых сред. Однако, в одних случаях, затраты на реализацию большинства высокоэффективных процессов разделения (ректификация, обратный осмос, хемосорбция с последующей десорбцией) оказываются в крупномасштабных проектах промышленной реализации «неподъёмными». А в других случаях, простые и

экономичные способы обработки (разогрев высоковязких продуктов, гравитационный отстой двух- и трёхфазных смесей) протекают настолько медленно, что для их реализации требуются неоправданно большие производственные площади и объёмы. А практика создания *централизованных* систем подготовки и возврата воды специально для технических целей не решает проблемы, поскольку *требования к составу рабочих тел для разных потребителей не только отличны, но часто несовместимы*.

Наши исследования в указанной области [2 – 4] и непосредственное участие в создании бессточных комплексов для отмывки нефтетранспортных цистерн на предприятиях ОАО «РЖД», включая станции промывочные универсальные мобильные (СПУМ) [5 – 8], позволяют сделать ряд выводов.

1. Полное отсутствие загрязнённых стоков при работе промывочных комплексов, подобных СПУМ, не позволяет их считать экологически безопасными и технологически завершёнными промышленными объектами. При эксплуатации таких промывочных комплексов удаётся извлекать не товарные нефтепродукты, а обводнённые нефтеотходы, требующие специальной обработки для утилизации даже в виде топлива.
2. При сжигании обводнённых нефтепродуктов теплотворная способность углеводородов оказывается значительно ниже ожидаемой. Это объясняется флегматизирующим действием водяных паров в зоне горения и, как следствие, неполным сгоранием топлива [9].
3. Прекратив образование загрязнённых стоков на промывочных комплексах, железнодорожникам не удалось устранить источник загрязнения грунтов и водоемов, а только переместить его на те промышленные объекты (котельные и ТЭЦ), где обводнённые нефтеотходы сжигаются, загрязняя атмосферу.
4. Проведённые нами испытания пилотной установки в Киришском вагонном депо [10] показали, что для создания экологически совершенных промывочных комплексов используемые бессточные установки необходимо доукомплектовать станциями обезвоживания (СОНеф), а извлекаемую из нефтеотходов воду полностью возвращать в рецикл на отмывку цистерн, в качестве рабочего тела.
5. СОНеф в составе бессточного промывочного комплекса позволят не только исключить его антропогенное действие на природную среду, но также на 2-3 порядка сократить потребление природной воды, многократно снизить энергозатраты и, как следствие, улучшить интегральные экономические показатели [11].

Обобщая результаты многолетних исследований, мы попытались сформулировать основные принципы технологии бессточной отмывки:

- Только **полный возврат** извлечённой воды в рецикл (а не очистка её перед сбросом в природную среду) отличает технологически завершённый и экологически совершенный промышленный объект.
- В качестве рабочих тел целесообразно в полной мере использовать продукты отмывки, образовавшиеся в предыдущем цикле [12].
- При подготовке рабочих тел к возврату в рецикл целесообразно использовать гетерогенные системы, образованные компонентами с ограниченной взаимной растворимостью и аномалиями в условиях фазовых переходов (азеотропные смеси) [13].
- Чтобы интенсифицировать процессы сепарации фаз, обработку эмульсий следует проводить в узких щелевых каналах при режимах, учитывающих аномальность перераспределения частиц дисперсной фазы (эффект Пуазейля) [14].
- Для обработки высоковязких продуктов (транспортировки, нагревания, обезвоживания) целесообразно использовать аппараты с подвижными коалесцирующими дисками [15,16,17].
- Рабочее тело **не должно быть многоцелевым**, чтобы не усложнять его обработку перед возвратом в рецикл.
- Системы регенерации рабочего тела и утилизации извлекаемых загрязнений должно быть **только локальными** и размещаться в границах реконструируемого объекта.

В качестве примеров удачного использования для разделения сложных смесей таких гетерогенных систем, что характеризуются образованием нераздельно кипящих смесей (азеотропов), можно отметить:

1. получение безводного этанола методом Юнга (добавлением бензола);
2. регенерация акрилонитрила в производстве нитрильного каучука [18];
3. полная очистка воды от бензина [19];
4. обезвоживание топлива и масел [20].

Конструктивные особенности оборудования для быстрого и эффективного разделения эмульсий *без фазовых переходов* приведены в монографии, посвящённой защите водоёмов от нефтяных загрязнений [4]. При конструировании и расчёте тонкослойных сепараторов и микрофильтров для указанных целей были учтены особенности перераспределения частиц дисперсной фазы, перемещаемых вязкой средой в узких щелевидных каналах (эффект Пуазейля) [21,22].

Особый интерес для защиты водоёмов от нефтяных загрязнений представляют аппараты с вращающимися (коалесцирующими) дисками, которые можно эффективно использовать и для сбора разлитого нефтепродукта с поверхности водоёма, и для

разделения грубых эмульсий, и для обезвоживания высоковязких нефтепродуктов [23,24].

Список литературы

1. A. Evdokimov. The water of Neva river has a smell of oil products. // Eco-chronicle – St-Petersburg. Inf. Agency “Severo-Zapad”. June-July 1993, p. 29.
2. Евдокимов А.А., Кабанюк А.Е. Краткий обзор проблем водоочистки в пищевой промышленности. // МЖП, N3-4, 1996 г.
3. Степанов К.А., Евдокимов А.А., Богатых С.А., Мачигин В.С. Очистка сточных вод микрофильтрацией. // МЖП, 1984, с 28 сл.
4. Евдокимов А.А. Защита водоёмов от нефтяных загрязнений. Бессточная нефтеводоочистка. Монография – С-П: СПбГУНТИПТ, 2003, 136 с
5. Евдокимов А.А. Очистка нефтеналивного и нефтетранспортного оборудования. Проблемы и решения // Экология и промышленность России. – М: Изд. ЗАО «Калвис» – 2010, февраль, с. 7–9.
6. Евдокимов А.А., Богданов А.Ф., Смолянов В.М.. Высокоэффективная технология очистки котлов железнодорожных цистерн. Сб: «Повышение надёжности и совершенствование методов ремонта подвижного состава», СПб: ПГУПС, – 2002, с. 154 – 179.
7. Патент РФ № 2237586 Способ подготовки нефтеналивных цистерн и устройство для его реализации. А.А Евдокимов, В.М Смолянов, А.В Журавлёв, Д.В Новосельцев, С.Г Груздев. БИ № 35, 2004
8. Патент РФ № 2200637. Способ очистки поверхности от углеводородных загрязнений. А.А. Евдокимов, А.В. Журавлёв, Д.В. Новосельцев, В.М. Смолянов, БИ № 8, 2003.
9. Евдокимов А.А., Кисс В.В. Как утилизировать обводнённое топливо // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Экономика и экологический менеджмент. 2013. № 1.
10. Иоффе О.Б., Евдокимов А.А. Результаты испытаний пилотной установки обезвоживания вязких нефтепродуктов // Экология и промышленность России – М: Изд. ЗАО «Калвис» – 2010, февраль, с. 22-25.
11. Евдокимов А.А. Обводнённые нефтеотходы – значительный энергетический ресурс России // Экология и промышленность России. – М.: Изд. ЗАО «Калвис». – 2012, ноябрь, с. 19-21.
12. Патент РФ № 2262396. Способ очистки поверхности от углеводородных загрязнений. А.А. Евдокимов, В.А. Евдокимов, Е.А. Евдокимов. БИ № 29, 2005.
13. Маленко Ю.И., Евдокимов А.А., Смирнов Н.И. Классификация трёхкомпонентных диаграмм ЧТТ – концентрация // ЖПХ – Л: Изд. АН СССР, N 1, 1973, с. 96 -100.

14. Евдокимов А.А. Об использовании эффекта Пуазейля для обработки водно-жировых эмульсий. // МЖП, N 1-2, 1995, с. 42-48.
15. Евдокимов А.А., Кабанюк А.Е. О разделении слоев в отстойнике. //МЖП, N 1-2, 1996, с. 29-31
16. Патент РФ 2017891. Нефтеловитель. А.А. Евдокимов, В.В. Евдокимова, Е.П. Бутько. БИ № 15, 1994.
17. Патент РФ № 2300408. Отгонный плёночный аппарат. А.А. Евдокимов, БИ № 16, 2007
18. Евдокимов А.А., Маленко Ю.И., Смирнов Н.И. Изучение равновесия жидкость-жидкость-пар в системе ацетон-акрилонитрил-вода // ЖФХ – Л: Изд. АН СССР, № 8, 1974, с 2415 -2418.
19. Патент РФ № 2031689 Установка для очистки бензинсодержащих вод. А.А. Евдокимов. БИ №9, 1995.
20. Патент РФ № 2042372. Установка для осушки топлива и масел. А. А. Евдокимов. БИ № 24, 1995.
21. Евдокимов А.А. Исследование процессов тонкослойной сепарации. В сб. «Вестник масложировой промышленности», № 2, 2009 г, с. 24 – 26.
22. Евдокимов А.А. Исследование процессов микрофльтрации эмульсий. В сб. «Вестник масложировой промышленности», № 2, 2009, с. 18 – 23.
23. Evdokimov A.A. How to protect the hydrosphere against oil pollution. Summary of the USSR presentation. Second Soviet-American symposium on marine environmental protection, port development and trade. Seattle, Washington, 8 Sept. 1992, p. 36 -37.
24. Евдокимов А.А.. Отечественное оборудование для ликвидации нефтяных разливов. Тезисы докладов на 2-й Международной конференции «Экология и развитие Северо-запада России». Институт экологии и охраны труда РАН: СПб – Кронштадт, 1997, с. 18-19.